



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA RURAL
CURSO DE AGRONOMIA

**EFEITO RESIDUAL DE DOSES DE FÓSFORO NO CRESCIMENTO,
PRODUÇÃO E ATRIBUTOS TECNOLÓGICOS DA CANA DE AÇÚCAR**

Thárlley Wellington Santos da Silva

AREIA – PB
NOVEMBRO de 2011

THÁRLEY WELLINGTON SANTOS DA SILVA

**EFEITO RESIDUAL DE DOSES DE FÓSFORO NO CRESCIMENTO,
PRODUÇÃO E ATRIBUTOS TECNOLÓGICOS DA CANA DE AÇÚCAR**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Curso de
Agronomia da Universidade
Federal da Paraíba, como parte dos
requisitos para a obtenção do título
de “Engenheiro Agrônomo”.

Orientador: Roberto Wagner Cavalcanti Raposo

Co-Orientador: Tancredo Augusto Feitosa de Souza

AREIA – PB

NOVEMBRO de 2011

THÁRLEY WELLINGTON SANTOS DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DA CANA-SOCA EM FUNÇÃO DO EFEITO RESIDUAL
DE FÓSFORO NA CANA-PLANTA**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Curso de Agronomia da
Universidade Federal da Paraíba, como
parte dos requisitos para a obtenção do
título de “Engenheiro Agrônomo”.

Apresentada em: ____ de _____ de ____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Roberto Wagner Cavalcanti Raposo

CCA/UFPB

Orientador

Tancredo Augusto Feitosa de Souza

PPGCS/CCA/UFPB

Examinador

Luiz Paulo Ferreira de Lima

PPGCS/CCA/UFPB

Examinador

A DEUS, pois acima de tudo ele sempre esteve comigo, me deu a vida, sabedoria e saúde, assim como a vontade de conquistar meus objetivos. Não me deixou desistir em nenhum momento e sempre me guiou. Se aqui cheguei foi porque essa foi a sua vontade!

Quero agradecer muito aos meus pais, Francisco de Assis da Silva e Maricélia Santos da Silva, por sempre me apoiarem nessa jornada de forma incondicional. Tenho absoluta certeza de que estão muito orgulhosos de mais uma conquista de um dos seus filhos. Obrigado!

A minha irmã, Tharlyanne Wênia, e aos meus familiares, em especial ao meu filho Thárley Júnior, por sempre me ajudarem no que fosse possível e impossível, e hoje também sou muito grato a eles. Sei também que estão muito felizes com esse momento.

DEDIDO & OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por estar sempre em minha vida e em meus pensamentos, dando-me tolerância, orientando e definindo meu destino.

A Universidade Federal da Paraíba e ao CCA, por ter permitido a possibilidade e realização de um curso em graduação em Agronomia,

Ao professor Dr. Roberto Wagner Cavalcanti Raposo, meus sinceros agradecimentos pela excelente e valiosa orientação, estímulo, dedicação e compreensão. E por sua inestimável participação em minha formação acadêmica, mais uma vez.

Aos estagiários que fazem parte da família Raposo, pelo coleguismo e motivação.

Aos professores e funcionários do curso de Agronomia, pelos ensinamentos valiosos à minha formação profissional.

A todos os funcionários do Departamento de Solos e Engenharia Rural.

A todos os amigos e colegas que ganhei ao longo do curso, pelos momentos de estudo e descontração.

Aos membros da banca, pela predisposição em analisar e contribuir com suas críticas valiosas para o aperfeiçoamento deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO-----	1
2 REVISÃO-----	3
2.1 O fósforo-----	3
2.1.1 O fósforo na planta-----	3
2.1.2 O fósforo no solo-----	4
2.2 Absorção e utilização de fósforo de cultura-----	4
2.3 Efeito residual-----	5
3 MATERIAL E MÉTODOS-----	7
3.1 Localização e clima-----	7
3.2 Solo-----	8
3.3 Características da Cultivar-----	9
3.4 Instalação e condução do experimento-----	9
3.5 Delineamento experimental-----	10
3.6 Análise estatística-----	11
3.7 Parâmetros avaliados-----	11
3.7.1Crescimento-----	11
3.7.2Produção de colmos-----	12
3.7.3Características tecnológicas-----	12
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO-----	17
4.1. Crescimento-----	17
4.2. Produção-----	19
4.3. Características tecnológicas-----	21
5 CONCLUSÕES-----	23
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS-----	24

DESENVOLVIMENTO DA CANA-SOCA EM FUNÇÃO DO EFEITO RESIDUAL DE FÓSFORO NA CANA-PLANTA SILVA, Thárley Wellington Santos da. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – CCA, UFPB, Areia – PB, 2011.

RESUMO

O fósforo desempenha papel fundamental no acúmulo de reservas da cana-de-açúcar. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito residual da adubação fosfatada na produção da cana-soca. O experimento foi realizado em condições de campo em área experimental pertencente a UFPB/CCA. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em parcelas subdivididas, com as parcelas principais representadas pelo efeito residual da adubação fosfatada na cana-planta e as sub-parcelas pela presença/ausência da adubação fosfatada na soqueira. Foram avaliados: o número de colmos colhidos por sulco, o brix e a produtividade obtida.

Os resultados permitiram concluir que o resíduo da adubação fosfatada influencia a produtividade da cana-soca, sendo a aplicação de 180 kg ha⁻¹ de fósforo na cana-planta a que proporcionou melhores resultados na cana-soca.

Palavras-chave: adubação fosfatada; economia de fertilizante; produtividade.

DEVELOPMENT OF CANE RATOON AS A FUNCTION OF RESIDUAL EFFECT OF PHOSPHORUS IN PLANT CANE. SILVA, Thárley Wellington dos Santos. Course Work Completion (Graduation in Agronomy) - CCA, UFPB, Areia - PB, 2011.

ABSTRACT

Phosphorus plays a key role in the accumulation of reserves of sugarcane. The aim of this study was to evaluate the residual effect of phosphorus on the production of sugarcane ratoon. The experiment was conducted under field conditions in the experimental area belongs to UFPB / CCA. The experimental design was a randomized block in split plot with main plots represented by the residual effect of phosphorus in plant cane and sub-plots by the presence / absence of phosphorus in the stump. Were evaluated: the number of stems harvested furrow, the brix and productivity gained.

The results showed that the residue of P fertilization influences the productivity of ratoon cane, and the application of 180 kg ha⁻¹ of phosphorus in the plant-cane that provided better results in sugarcane ratoon.

Keywords: phosphorus, fertilizer savings, productivity.

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é cultivada no Brasil desde o século XVI, e sua relevância econômica remonta ao período de colonização do país. Quando os portugueses utilizavam mão-de-obra escrava para o cultivo, colheita e beneficiamento da cana nos engenhos, que era utilizada como matéria-prima na produção do açúcar exportado para a Europa. Por conta disso, a produção de açúcar constituiu a base econômica do Nordeste e, desde então, nunca deixou de desempenhar importante papel na geração de emprego e renda desta região (GONÇALVES et al., 2008).

A fabricação de açúcar e álcool demanda 86,4 % do total de cana produzida no país, o restante (13,6 %) é destinado a outros fins: alimentação animal, produção de cachaça, rapadura, açúcar mascavo e sementes (CONAB, 2009).

A Paraíba ocupa a sexta posição no cenário nacional, produzindo 8,9 milhões de toneladas, o que lhe confere uma receita anual de 120 milhões de reais, esta cifra posiciona a cana-de-açúcar o produto dentro da agropecuária mais importante do Estado (AZEVEDO, 2002).

Na safra 2008/2009, a cana-de-açúcar no Brasil ocupou uma área de 8,9 milhões de hectares, colocando nosso país como o principal produtor mundial (700 milhões de toneladas), seguido pela Índia e China, do produzido no Brasil, o Nordeste é responsável por 13,3% (CONAB, 2009).

No sistema produtivo é encontrado problemas com a recomendação correta de adubação fosfatada para a região, visto que o fósforo é responsável pelo estabelecimento da planta no campo, aumento no vigor do enraizamento e no perfilhamento e aumenta o teor de carboidratos. (MALAVOLTA et al., 1997). A cana-de-açúcar ideal para a produção de cachaça deve possuir alta produtividade, ser rica em açúcar, possuir colmos moles e com baixo teor de fibras (FURIJO JUNIOR et al., 2007).

Embora o fósforo seja absorvido em pequenas quantidades pela cana-de-açúcar, se comparado com o nitrogênio e o potássio, exerce função-chave no metabolismo da cultura, particularmente em formação de proteínas, processo de divisão celular, fotossíntese, armazenamento de energia, desdobramento de açúcares, respiração e fornecimento de energia a partir do ATP e formação de sacarose, sendo o planejamento das atividades envolvidas com a cultura (plantio a colheita), etapas extremamente importantes na sua exploração econômica (VITTI e MAZZA, 2002), e de acordo com diversos autores, dentre eles MALAVOLTA (2006), sem dúvida, trata-se do nutriente que mais limita a produção

vegetal no Brasil e, a elevação de sua disponibilidade, de forma a vencer a barreira imposta pela “fome do solo” por este nutriente, é um dos grandes desafios no manejo da fertilidade do solo.

O fósforo também tem a propriedade de aumentar a eficiência da utilização de água pela planta, bem como a absorção e a utilização de outros nutrientes, os venha do solo ou do adubo, contribuindo para aumentar a resistência da planta a algumas doenças, a suportar baixas temperaturas e a falta de umidade (KORNDORFER, 2004).

Tendo em vista que uma fração relativamente pequena do P é aproveitada no primeiro ano, enquanto o restante permanece no solo, em formas de maior ou menor disponibilidade às plantas, o efeito residual passa a ser um componente muito importante na avaliação agrônômica e econômica de práticas de adubação fosfatada. São escassos os experimentos de campo de longa duração, sem os quais não é possível considerar satisfatoriamente o efeito residual (SOUZA e LOBATO, 2003; RESENDE et al., 2006).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito residual de doses de fósforo aplicadas na cana-planta sobre o crescimento, produção e qualidade industrial da cana-soca cultivada em latossolo amarelo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O fósforo

O fósforo (P) é o segundo nutriente mais comumente aplicado às culturas. Os solos brasileiros normalmente apresentam baixa quantidade desse elemento e sua mineralogia e pH favorecem a alta capacidade de fixação do fósforo, formando compostos com ferro (Fe), alumínio (Al) e manganês (Mn). Pelo fato desses compostos serem insolúveis e indisponíveis às plantas, aplicações de P superiores às requisitadas pelas culturas tornam-se necessárias.

Análises de solo devem ser realizadas para que se possa estimar a quantidade de fósforo disponível no solo e, assim, orientar os agricultores na correta quantidade de fertilizante fosfatado a ser aplicado. A solubilidade do fosfato é muito importante para o crescimento das plantas e, para que elas consigam absorvê-lo, o fertilizante fosfatado deve ser colocado próximo das sementes no momento do plantio. Na busca pelo melhor aproveitamento do fósforo solúvel no plantio, é comum a prática da fosfatagem em solos nos quais tal nutriente é considerado baixo. A fosfatagem consiste na aplicação a lanço de fósforo de baixa solubilidade, elevando o teor desse elemento no solo.

A disponibilidade do P na linha de plantio geralmente é melhorada pela adição de nitrogênio (N) na forma amoniacal com o adubo fosfatado de arranque e pelo aumento do tamanho do grânulo. Em solos ácidos, o íon amônio aumenta o pH ao redor do grânulo, auxiliando a dissolvê-lo e restringindo a fixação por alumínio e ferro.

2.1.1 O fósforo na planta

O fósforo (P) é um importante macronutriente, constituindo cerca de 0,2% do peso seco das plantas e depois do nitrogênio, é o macronutriente que mais limita o crescimento vegetativo dos vegetais, por promover a formação inicial e o desenvolvimento da raiz, exercendo função-chave no metabolismo da cana-de-açúcar, particularmente em formação de proteínas, processo de divisão celular, fotossíntese, armazenamento de energia, desdobramento de açúcares, respiração e fornecimento de energia a partir do ATP e formação de sacarose. E durante o processo metabólico, o composto glucose-1-fosfato

junta-se com a frutose para formar a sacarose, matéria-prima para a produção de açúcar e álcool (ALEXANDRE, 1973).

O fósforo tem a propriedade de aumentar a eficiência da utilização de água pela planta, bem como a absorção e a utilização e outros nutrientes venham eles do solo ou do adubo, contribuindo para aumentar a resistência da planta a algumas doenças, a suportar baixas temperaturas e a falta de umidade (KORNDORFER, 2004).

2.1.2 O fósforo no solo

O fósforo absorvido pelas plantas vem da solução do solo, mas apenas pequenas quantidades dele estão presentes na solução. A principal forma química é o íon ortofosfato (H_2P_4^-). Existe um equilíbrio químico entre as formas de fósforo em solução e fracamente ligadas aos minerais do solo e a matéria orgânica (P lábil). Assim que o fósforo é retirado da solução do solo, vai sendo reabastecido de maneira a manter o equilíbrio. Com o passar do tempo, formas mais estáveis de fósforo são formadas, aumentando o “pool” de P não-lábil. O pH do solo influencia a forma química de fósforo que estará na solução e também a eficiência de utilização do fósforo pelas plantas (RAIJ, 1991).

A disponibilidade de fósforo é controlada pelo força iônica, pH baixo, concentração de fósforo e metais (Fe, Al e Ca), e ânions competitivos e/ou ácidos orgânicos. Além destes fatores, as reações que controlam as quantidades de P iônico na solução do solo incluem a dissolução/precipitação de minerais carreadores de P, adsorção/desadsorção do fosfato das superfícies do solo e a hidrólise da matéria orgânica (MALAVOLTA, 2006; HINSINGER, 2001).

2.2 Absorção e utilização de fósforo de cultura

Nas adubações, o fósforo é considerado um nutriente de baixo aproveitamento pelas plantas. É comum observa-se aproveitamento por culturas anuais de ordem de 10 % do P aplicado como fertilizante. Além disso, as quantidades aplicadas em geral superam muito a extração pelas culturas, diferindo, neste aspecto, do nitrogênio e do potássio (RAIJ, 1991).

Holford (1997) verificou para cana-de-açúcar que a deficiência em fósforo aos dois meses de idade diminuiu a atividade fotossintética mais que o nitrogênio ou o potássio. Embora a quantidade total de fósforo no solo possa ser relativamente alta, na maioria das vezes este não se encontra em sua forma lábil ou ao alcance da rizosfera. Cerca de 80% do

total do P iônico aplicado no solo torna-se indisponível, sendo imobilizado, adsorvido e/ou acaba adquirindo uma forma orgânica.

Além dos baixos teores de fósforo no solo, a correção do mesmo envolve alta competição entre solo (adsorção) e planta (absorção). O fósforo é absorvido pelas plantas na forma de H_2PO_4^- principalmente pelo processo de difusão. Em cana-de-açúcar o P assume grande importância no vigor do enraizamento e no perfilhamento (CLEMENTS, 1980; MALAVOLTA, 2006) e, portanto na produtividade final.

O sintoma de deficiência mais importante é o baixo crescimento da planta. A formação das folhas também é afetada, sendo que mais velhas apresentam-se com tom arroxeadas, mais estreitas e curtas, prejudicando assim a quantidade de clorofila. Ocorre baixo perfilhamento, menor altura e engrossamento dos colmos, menor diâmetro e encurtamento dos entrenós (ESTEVES, 1986).

As características tecnológicas da cana e a presença do fósforo no caldo exercem influência no processo de clarificação. Caldos com baixo teor de fósforo são de difícil floculação, prejudicando a decantação das impurezas. Essas por sua vez, irão produzir açúcar de pior qualidade e de menor valor econômico. Durante o processo de clarificação do caldo, o fósforo reage com o hidróxido de cálcio para a formação de fosfato tricálcico, o qual, ao flocular e sedimentar, arrasta impurezas que ficam no fundo do decantador (KORNDORFER, 2004).

Segundo Stupiello (1987), quanto maior o teor de fósforo nativo no solo, maior a concentração de fósforo no caldo aplicando fertilizante fosfatada no plantio da cana. Embora possa ocorrer, o fósforo na adubação deve ser aplicado visando ao aumento de produtividade (KORNDORFER, 2004).

2.3 Efeito residual

Os adubos fosfatados adicionados ao solo, além do efeito imediato sobre a cultura que se segue à adubação, têm efeito residual nas culturas subsequentes. Os decréscimos no efeito da adubação fosfatada, com o tempo, resultam da interação de vários fatores, tais como: tipo de solo, fonte, dose e método de aplicação do fertilizante fosfatado, sistema de preparo do solo e sequência de cultivos (SOUSA & LOBATO, 2003).

O efeito residual de P pode ser avaliado anualmente, conduzindo-se experimentos em áreas adjacentes para determinar a curva de resposta (aplicação recente), obtendo-se por meio dessas curvas a quantidade de P equivalente aos tratamentos residuais. Outra maneira de avaliar o efeito residual do P aplicado ao solo é com cultivos sucessivos da área

onde foram aplicados os tratamentos, avaliando-se, além da produção de grãos e/ou de matéria seca, também o teor de P no material que está sendo exportado da área (SOUSA e LOBATO, 2003).

Sousa et al. (1987) avaliaram o efeito residual do superfosfato triplo em duas doses de P (200,0 e 400,0 kg ha⁻¹ de P₂O₅), com duas granulações (pó, menor que 0,84 mm de diâmetro; grão, em torno de 3 mm de diâmetro), em um Latossolo com textura muito argilosa, por um período de seis anos. Essas doses foram aplicadas a lanço, antes do primeiro cultivo, e incorporadas ao solo como arado de disco e grade niveladora. Antes do segundo cultivo estabeleceram-se dois sistemas para trabalhar o solo: sem preparo e convencional (uma aração e uma gradagem). A cultura teste foi a soja. O efeito residual dos tratamentos foi estimado a partir de curvas de produção, em função de doses do superfosfato triplo granulado, estabelecidas a cada ano em uma nova área adjacente ao experimento.

A dose de 400,0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no sistema preparo convencional apresentou maior efeito residual do que a dose de 200,0 kg ha⁻¹ de P₂O₅, enquanto no sistema sem preparo do solo essas doses apresentaram efeitos residuais semelhantes. No sistema de preparo convencional entende-se que o menor efeito residual da dose de 200,0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em relação à de 400,0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ está associado às reações de insolubilização do P proporcionalmente maiores, intensificadas com o preparo do solo, bem como à maioria retirada pelos cultivos, fator menos importante e que se faz sentir com maior intensidade na menor dose. No sistema sem preparo, a diferença de extração pelos cultivos parece não afetar tanto e, devido ao fato de o solo não ser revolvido, parece que as reações de insolubilização de P têm intensidades semelhantes.

Quando fontes de P ricas em fosfato monocálcico, como o superfosfato triplo, são aplicadas ao solo, aproximadamente 25% do P é insolubilizado na região do grânulo como fosfato bicálcico, que é pouco eficiente quando localizado (SOUSA e VOLKWEISS, 1987). Ao se preparar o solo com arações e gradagens propicia-se a distribuição desse composto, aumentando sua eficiência, o que pode explicar o maior efeito residual do supertriplo granulado no sistema de preparo convencional. Além disso, há menor contato com sítios de adsorção de P no solo quando se utiliza o granulado em relação ao pó.

O preparo anual estaria proporcionando melhor distribuição de P no volume do solo e, assim, melhor condição de absorção de P pelas plantas, fato esse mais importante do que o “prejuízo” da maior oportunidade de adsorção de P pelo solo com essa prática.

Foi realizada uma tentativa para quantificar o aumento do efeito residual propiciado na dose de 200,0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ do superfosfato triplo granulado quando o sistema de

preparo do solo foi o convencional. Nesse caso obteve-se aumento de $340 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de P_2O_5 nos três cultivos subsequentes ao primeiro.

De maneira geral, o valor residual de fertilizantes fosfatados solúveis em água (em relação ao efeito imediato no ano da aplicação) é de 60%, 45%, 35%, 15% e 5%, respectivamente, após um, dois, três, quatro e cinco anos da aplicação do fertilizante ao solo (SOUSA et al., 1987). Isso indica que, caso se utilize a adubação corretiva de P, esse deve ser considerada como investimento e amortizada no período de cinco anos, nas proporções de 40%, 25%, 20%, 10% e 5% após um, dois, três, quatro e cinco anos de aplicação do fertilizante fosfatado, respectivamente.

A avaliação do efeito residual de P, feita com a obtenção de uma curva de resposta a esse nutriente, a cada ano, é muito dispendiosa e o mais comum é o cultivo da área por anos sucessivos para avaliar o efeito de doses, modos de aplicação, sistemas de cultivo, fontes de P, dentre outros.

O efeito residual de fontes de P que apresentam solubilidade muito baixa, como a dos fosfatos naturais brasileiros, melhora até o terceiro ano depois de sua aplicação no solo, decrescendo a partir desse período, isso se a área estiver sendo cultivada com preparo convencional (aração e gradagem).

Se a fonte de P for um FNR (fósforo naturais relativos), então o efeito residual é semelhante ao do superfosfato triplo. Os FNR farelados apresentam eficiência em torno de 55% por ocasião do primeiro cultivo para culturas anuais, e maiores do que 85% a partir do segundo cultivo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e clima

O experimento foi instalado na Fazenda experimental Chã-de-Jardim, pertencente ao Centro de Ciência Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, situado a $6^{\circ}58'12''$ de latitude Sul e $35^{\circ}42'15''$ e longitude Oeste a uma altitude média de 619 m.

De acordo com a classificação de Koppen, o clima predominante da região é As' , que se caracteriza como tropical quente e úmido, com estação chuvosa no período outono-inverno, apresentando as maiores precipitações nos meses de junho e julho. A umidade relativa do ar varia entre 75 % em novembro a 87 % nos meses de junho e julho, a precipitação anual é de aproximadamente 1300 mm.

-----					---		-	arenosa
374	151	41	434	64	852	1,03	2,68	0,62

AR = fração areia; G = fração de areia grossa, 2-0,2; F = fração de areia fina, 0,2-0,05; S = fração silte, 0,05-0,002; fração argila, < 0,002; ADA = argila dispersa em água; GF = grau de floculação; D_s = densidade do solo; D_p = densidade de partículas; Pt = porosidade total.

3.3 Características da Cultivar

A variedade utilizada foi a RB 86-7515, que apresenta as seguintes características: brotação boa e médio perfilhamento na cana-soca, rápida velocidade de crescimento, porte alto, hábito de crescimento ereto, ótimo fechamento das entrelinhas, eventual tombamento, alta produção agrícola, maturação média, alto teor de açúcar, médio teor de fibras, eventual florescimento, pouco chochamento, ampla adaptabilidade, boa estabilidade, média resistência a seca, tolerante a herbicidas, alta densidade de colmos, boa despalha, sem restrição para ambientes de produção, resistente a maioria das pragas e doenças da cultura (BARBOSA et al., 2001).

3.4 Instalação e condução do experimento

A área experimental estava inutilizada para fins agrícolas há cerca de 5 anos, com predominância de *Brachiaria decumbes*. Após ter preparado a área de acordo com o sistema convencional foi realizada a prática da calagem, três meses antes do plantio, onde foram aplicados $1,7 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário dolomítico conforme recomendações de Raij et al., (1997).

O plantio foi realizado em 13 de outubro de 2007. Foram realizados sulcos com aproximadamente 30 cm de profundidade, fileiras de cana espaçadas por 1,0 m. A distribuição de colmos foi feita com uma densidade mínima de 12 gemas por metro linear, para assim garantir um bom *stand* de perfilhos no estabelecimento da cultura. A adubação de semeadura constou da aplicação, em todos os tratamentos, de 30 kg ha^{-1} de N e 100 kg ha^{-1} de K_2O utilizando como fonte a Uréia e o Cloreto de Potássio respectivamente.

Foram realizadas adubações anuais de cobertura aplicando o adubo em sulcos ao lado a 20 cm das fileiras das plantas. Sendo realizadas duas adubações: primeiramente se forneceu 60 kg/ha N (Uréia) e 50 kg/ha K_2O (Cloreto de potássio) aos 60 dias após a emergência (DAE), e posteriormente forneceu 55 kg/ha N, 12 kg/ha S (Sulfato de amônio) e 30 kg/ha K_2O (na forma de cloreto de potássio) aos 180 DAE, no início do período

chuvoso. Durante a fase inicial foram realizadas irrigações em todo experimento aplicando-se uma lâmina de água de 5 mm/dia, visando um melhor estabelecimento inicial.

Durante o desenvolvimento da cultura foram realizadas duas capinas manuais para o controle de plantas daninhas, não sendo necessária a aplicação de herbicidas.

A colheita se deu de forma manual, e sempre foi feita entre os meses de outubro/novembro, aonde foi determinada a produção.

3.5 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições. Na cana-planta as parcelas foram compostas por quatro doses de fósforo (0, 90, 180 e 270 kg ha⁻¹ de P₂O₅) na forma de Superfosfato triplo, cujas características estão descritas na tabela 4, aplicado durante o plantio. Após o corte da cana-planta, o delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas (split-plot), com quatro repetições, as parcelas principais eram compostas pelo efeito residual da adubação fosfatada na cana-planta e as sub-parcelas compostas pelo fornecimento fósforo na cana-soca.

Tabela 4. Caracterização química e física do fertilizante fosfato utilizado.

Fertilizante	Caracterização			
	P ₂ O ₅ total	P ₂ O ₅ Solúvel	CaO	Granulometria
	-----%-----			
Super triplo	46,1	38,3	13,0	Granulado

As parcelas eram constituídas por 6 linhas de cana com 5 metros de comprimento, espaçadas por 3,0 metro para facilitar a circulação no experimento. A área total de uma parcela é de 30 m². Durante as avaliações da cana-planta foram consideradas as fileiras centrais, desconsiderando 0,5 m das bordas de cada linha. Para a cana-soca, como das 6 linhas existentes na parcela, apenas 3 destas receberam aplicação de fósforo na entrelinha, sendo considerada durante as avaliações a linha central, sempre desconsiderando 0,5 m das bordas.

3.6 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e depois foi realizada a comparação de médias pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 5).

Tabela 5. Esquema da análise de variância para as parcelas durante o desenvolvimento da cana-soca. Fazenda experimental Chã-de-Jardim, Areia, PB.

Fontes de Variação	GL
Bloco	3
Efeito residual das doses de P_2O_5 (Parcelas)	3
Resíduo (a)	9
Adubação fosfatada (Sub-parcelas)	1
Efeito residual x Adubação fosfatada	3
Resíduo (b)	12
Total	31

3.7. Parâmetros avaliados

3.7.1 Crescimento

Por ocasião da colheita foi avaliado o efeito dos tratamentos sobre o desenvolvimento da cultura respectivamente, para tanto foram realizadas as seguintes avaliações: altura de plantas – foram selecionadas dez plantas da área útil de cada parcela, e com uma trena, aferia-se a altura da base do colmo até a inserção da folha; comprimento do colmo – por ocasião da colheita com auxílio de uma trena, em dez plantas, aferia-se da base do colmo até o seu ápice, excluindo a bandeira; diâmetro do colmo – em 10 plantas, com um paquímetro tipo MESSEN modelo MP150005 era determinado o diâmetro do colmo a aproximadamente 5 cm do solo e depois calculada a média; número de perfilhos/sulco – foi realizada a contagem de perfilhos nos quatro sulcos centrais e posteriormente foi calculada a média de perfilhos por sulco; número de folhas - foi determinado o número de folhas fotossinteticamente ativas de 10 plantas; área foliar - foi determinada segundo metodologia descrita por Oliveira et al., (2007).

3.7.2 Produção de colmos

Realizou-se a avaliação da produção, de colmos na área útil de cada tratamento, com 30 m² e 15 m² para as parcelas da cana-planta e para as sub-parcelas da cana-soca respectivamente, sendo esses valores convertidos para t ha⁻¹.

3.7.3 Características tecnológicas

No segundo corte da cana foram avaliadas as características tecnológicas do colmo. Esta colheita foi realizada em novembro de 2009. Foi estabelecido um metro de linha dentro de cada unidade experimental e todos os colmos presentes foram coletados. Em seguida foram submetidos ao desponte na altura da gema apical (ponto de quebra), assim sendo, os colmos foram encaminhados para o Laboratório de recepção de amostras de Usina Cruanji, Timbaúba, para serem processados segundo a metodologia do Sistema de Pagamento de Cana pelo teor de Sacarose (SPCTS), onde foram realizadas as seguintes determinações químico-tecnológicas.

Determinou-se o brix a partir do caldo extraído da cana-de-açúcar, através de um refratômetro digital, dotado de correção automática de temperatura e ajuste de campo, com saída para ajuste magnético, cujo funcionamento se fundamenta na relação entre incidência e refração. Os resultados finais dos ensaios foram corrigidos para a temperatura de 20°C e o limite de refração, que corresponde ao índice de sólidos solúveis ou °Brix é obtido pela expressão:

Eq. (1)

$$Ir = \frac{\text{Sen}(i)}{\text{Sen}(r)}$$

Onde,

Ir – Brix ou teor de sólidos solúveis

Sen(i) – seno do ângulo de incidência

Sen(r) – seno do ângulo de refração

A determinação da pol (%) foi efetuada com um sacarímetro automático Acatec. Os sacarímetros são equipamentos que determinam a concentração de açúcares opticamente ativos, como a sacarose. São baseados em princípios físicos fundamentados na propriedade

da luz e na sua natureza ondulatória. A base para as medidas sacarimétricas é a equação conhecida como lei de Biot (CALDAS, 1998), a seguir apresentada:

Eq. (2)

$$C = \frac{100 \times \alpha}{l \times \alpha^t \times \gamma}$$

Onde,

C – concentração da atmosfera

α – ângulo de rotação do plano de vibração da luz polarizada

l – comprimento da coluna iluminada de líquido

$\alpha^t \times \gamma$ - rotação específica

Após a leitura realizada pelo sacarímetro, é feita a correção na leitura sacarimétrica. Esta, por sua vez, é obtida quando o equipamento estiver com temperatura ambiente interna em torno de 20°C. A correção se dará através da seguinte equação de ajuste:

Eq.(3)

$$L_{\text{corrigida}} = L \times [1 + 0,000255 (T - 20)]$$

Onde,

$L_{\text{corrigida}}$ – pol do caldo extraído (%)

L – leitura sem correção

T – temperatura do laboratório

A partir desses dados pode-se calcular a pol da cana corrigida (PCC), que é um índice (%) que determina o valor da tonelada de cana. Caso o PCC seja elevado, o preço da cana pode subir a patamares mais elevados. Ao contrário, se o PCC for baixo, o preço da cana pode cair. É o que se denomina de ágio ou deságio. Sua determinação dar-se-á através da equação seguinte:

Eq. (4)

$$PCC = L_{\text{corrigido}} \times [1 - (0,01 \times f)] \times c$$

Onde,

$L_{\text{corrigido}}$ – pol do caldo extraído (%)

f – fibra industrial % da cana

c – 0,955, fator de transformação da pol do caldo extraído em pol do caldo absoluto.

A fibra é a matéria insolúvel em água contida na cana. No colmo de cana, as fibras do parênquima são de estrutura mais frágil e fina, e formam as células isodiamétricas de estocagem do caldo de alto teor de sacarose. A umidade da cana, por sua vez, reflete a porcentagem de água contida na cana (FERNANDES, 2003). No sistema de pagamento de cana pelo teor de sacarose (PCTS) a fibra é estimada em função do peso do bagaço úmido da prensa.

Determinada pelo método da prensa hidráulica, conforme descrito no Ato 13/83, de 21/04/1983 – IAA, citado por Mutton (1984) e atualizações semestrais do CONSECANA.

Eq. (5)

$$F = (0,08 \times PBU) + 0,876$$

Onde,

F – fibra cana

PBU – peso do bagaço úmido da prensa em gramas

A pureza aparente do caldo reflete a porcentagem de sacarose contida nos sólidos solúveis no caldo extraído. Após a determinação dos valores de pol e brix (BERDING et al., 1991a; BERDING et al., 1991b), foi expressa pela equação:

Eq. (6)

$$Pureza = \frac{POL\% \text{ caldo}}{Brix\% \text{ caldo}} \times 100$$

Os açúcares redutores (AR) referem-se a um termo utilizado para designar os açúcares (monossacarídeos), glicose e frutose, principalmente. Os AR são produtos precursores de cor no processo industrial, isto é, participam de reações que aumentam a cor do açúcar, depreciando a qualidade do produto. Durante a maturação da cana-de-açúcar, à medida que o teor de sacarose se eleva os açúcares redutores decrescem de aproximadamente 2,0 % para valores abaixo de 0,5 %, podendo chegar a 0,2 %. Esse comportamento torna importante a análise do teor de açúcares redutores para

acompanhamento e julgamento da maturação, principalmente nos primeiros meses de safra (FERNANDES, 2003).

Os AR % cana foram determinados pela equação:

Eq. (7)

$$ACR = AR \times [1 - (0,1 \times F)] \times C$$

Onde,

AR – aos açúcares redutores do caldo

F – refere-se à fibra cana

C – 0,955, fator de transformação da pol do caldo extraído em pol do caldo absoluto

O AR pode ser calculado pela fórmula:

Eq. (8)

$$AR\%caldo = 3,641 - (0,0343 \times P)$$

Onde,

P – trata-se da pureza aparente do caldo, expressa em porcentagem

O açúcar teórico recuperável (ATR) constitui um dos parâmetros do sistema de pagamento de cana implantado em São Paulo a partir da safra de 1998/1999, chegando no Nordeste dois anos mais tarde, e reflete o resultado da diferença entre o ART (açúcar redutor total) da cana e as perdas na lavagem do material, no bagaço final, na torta do filtro ou prensas e as “indeterminadas”, considerando a eficiência média padrão, assumindo perdas de 12% (FERNANDES, 2003).

O açúcar teórico recuperável (ATR), dado em kg açúcar t⁻¹ de cana, foi calculado através da fórmula regulamentada pelo CONSECANA (1999):

Eq. (9)

$$ATR = (10 \times 0,88 \times 1,0526 \times PCC) + (10 \times 0,88 \times ARC)$$

Onde,

O fator 10, refere-se à transformação de kg Pol 100 kg⁻¹ cana (%) em kg Pol t⁻¹ cana.

O fator 0,88, refere-se à eficiência industrial de lavagem, extração e tratamento caldo juntas, ou seja, coeficiente de recuperação, para uma perda industrial de 12 %.

O fator 1,0526, refere-se ao fator que transforma a Pol em AR, ou seja, coeficiente estequiométrico para a conversão de pol em açúcares redutores.

Eq. (10)

$$AR = [9,9408 - (0,1049 - Pureza)] \times [1 - (0,01 \times Fibra)] \times [1,0313 - (0,00575 \times Fibra)]$$

Sendo,

O primeiro parênteses: regressão que correlaciona pureza da cana com teor de AR.

Segundo parênteses: Regressão que transforma a AR do caldo para AR da cana.

Terceiro parênteses: Regressão que corrige a extração da prensa para extração real.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Crescimento

De acordo com a análise estatística houve efeito significativo a 1 % de probabilidade, quando avaliado o efeito residual da adubação fosfatada na cana-soca para todas as variáveis utilizadas exceto o número de folhas e área foliar. Korndörfer (2004) afirma que o fósforo é crucial no metabolismo das plantas, desempenhando papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese (Tabela 6).

Tabela 6. Valor de F e coeficiente de variação das variáveis analisadas na cana-soca cultivada no município de Areia, PB.

Fonte de Variação	Altura (cm)	Diâmetro do colmo (cm)	Número de nós (ud.)	Número de folhas (ud.)	Área foliar (cm ²)
Efeito residual	12,30**	8,95**	9,03**	2,14 ^{ns}	2,33 ^{ns}
Adubação fosfatada	4,05*	2,92 ^{ns}	2,41 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,36 ^{ns}
Interação	0,74 ^{ns}	1,86 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,79 ^{ns}	1,54 ^{ns}
C.V. (%)	22,02	10,94	19,35	16,21	12,23

**, ^{ns}: significativo a 1% de probabilidade e não significativo respectivamente.

Para a altura de plantas além do efeito residual houve efeito da aplicação de fósforo na soqueira. Através da figura 1A observa-se que o máximo obtido com 25,45 e 26,71 mg dm⁻³ foi referente a 155, 62 e 150,99 cm de altura para ausência e presença de adubação fosfatada na cana-soca.

Vitti e Mazza (2002) citam que a deficiência de fósforo inicia-se nas folhas mais velhas com redução do tamanho, evoluindo para clorose avermelhada e até necrose das folhas. A planta apresenta crescimento reduzido, poucos perfilhos e sistema radicular menos desenvolvido estando mais sensível a veranicos.

O número de nó e o diâmetro do colmo tiveram aumento linear em função do aumento dos teores de fósforo residual no solo obtendo valores máximos de 16 nós e 2,82 cm de diâmetro respectivamente (Figura 1B e 1C).

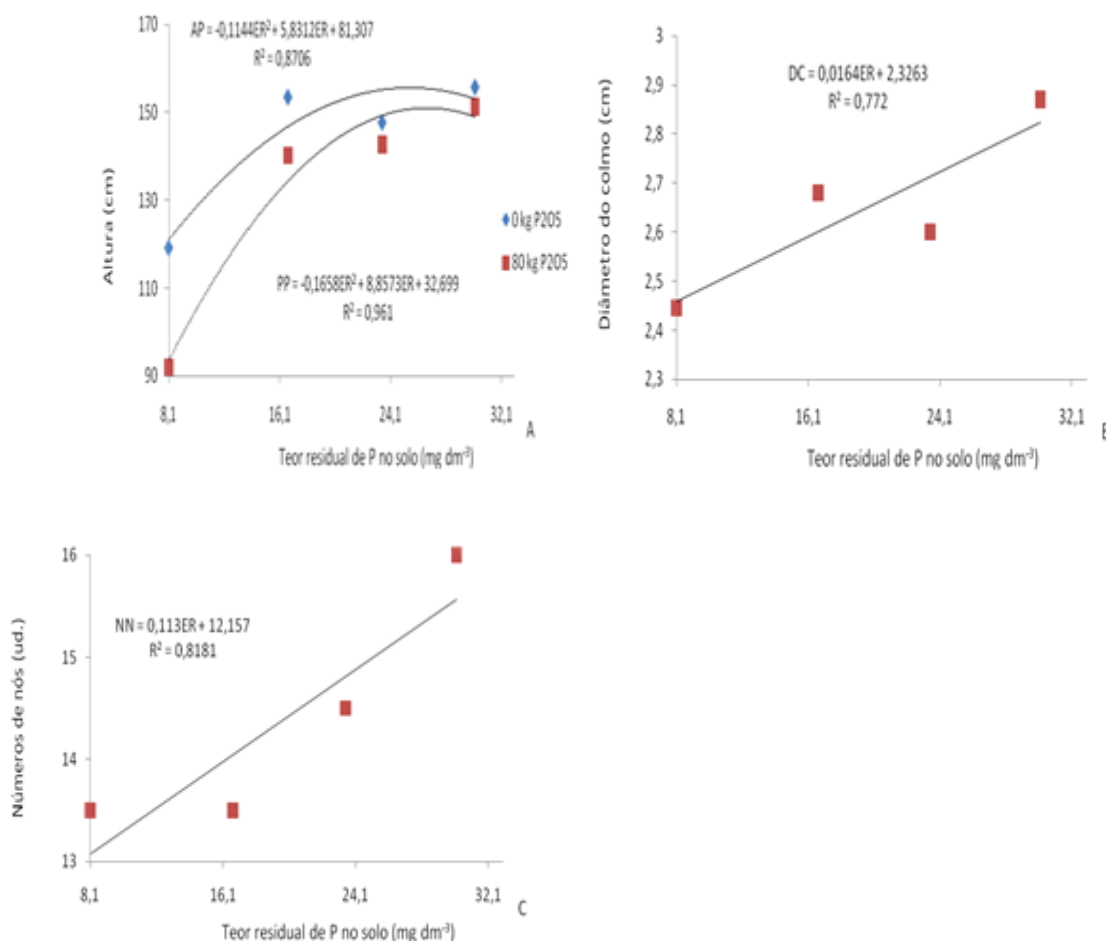


Figura 1. Efeito residual de fósforo e adubação fosfatada sobre a altura de plantas (A), o diâmetro do colmo (B), o número de nós (C) na cana-soca cultivada no município de Areia, PB.

Rodrigues (1995) cita que quando a cultura se estabelece, o auto sombreamento induz a inibição do perfilhamento e aceleração do colmo principal. O crescimento em altura e em diâmetro continua até a ocorrência de alguma limitação. Para a variável estudada a limitação foi os baixos teores de fósforo na cana-planta e posteriormente na soqueira e não a ausência de adubação fosfatada durante o crescimento da cana-soca.

Korndörfer (2004) afirma que as limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente, fato observado no desenvolvimento na cana-planta e na 1^a soqueira.

De maneira geral, os dados aqui apresentados para o fornecimento de fósforo na soqueira já eram esperados, pois as variações nas sub-parcelas não seriam determinantes para influenciar as características analisadas. O que realmente acontece é que a aplicação

de fósforo na soqueira não promove o retorno econômico esperado pelo produtor, haja vista, promover redução do comprimento do colmo em relação a não aplicação.

4.2. Produção

Houve efeito residual da adubação fosfatada da cana-planta para todas as variáveis analisadas na cana-soca (Tabela 7). Korndörfer (2004) afirma que o fósforo é crucial no metabolismo das plantas, desempenhando papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese.

Tabela 7. Valor de F e coeficiente de variação das variáveis analisadas na cana-soca cultivada no município de Areia, PB.

Fonte de Variação	Número de colmos/sulco	Produtividade (Kg ha ⁻¹)
Efeito residual	15,87**	15,57**
Adubação fosfatada	2,53 ^{ns}	2,53 ^{ns}
Interação	0,14 ^{ns}	0,14 ^{ns}
C.V. (%)	19,46	19,36

**, ^{ns}: significativo a 1% de probabilidade e não significativo respectivamente.

Tomaz (2009) cita que o P na cana-de-açúcar assume grande importância no vigor do enraizamento e no perfilhamento e, portanto, na produtividade final.

O número de colmos, o brix e a produtividade obtiveram aumento quadrático em função dos teores residuais de P no solo, sendo o máximo obtido com 24,19; 23,95 e 22,97 mg dm⁻³ de P referentes a 96 unidades, 23,2° e 130,6 T ha⁻¹ respectivamente, relacionado ao resíduo de aproximadamente 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ fornecidos na cana-planta (figura 2A, 2B e 2C respectivamente).

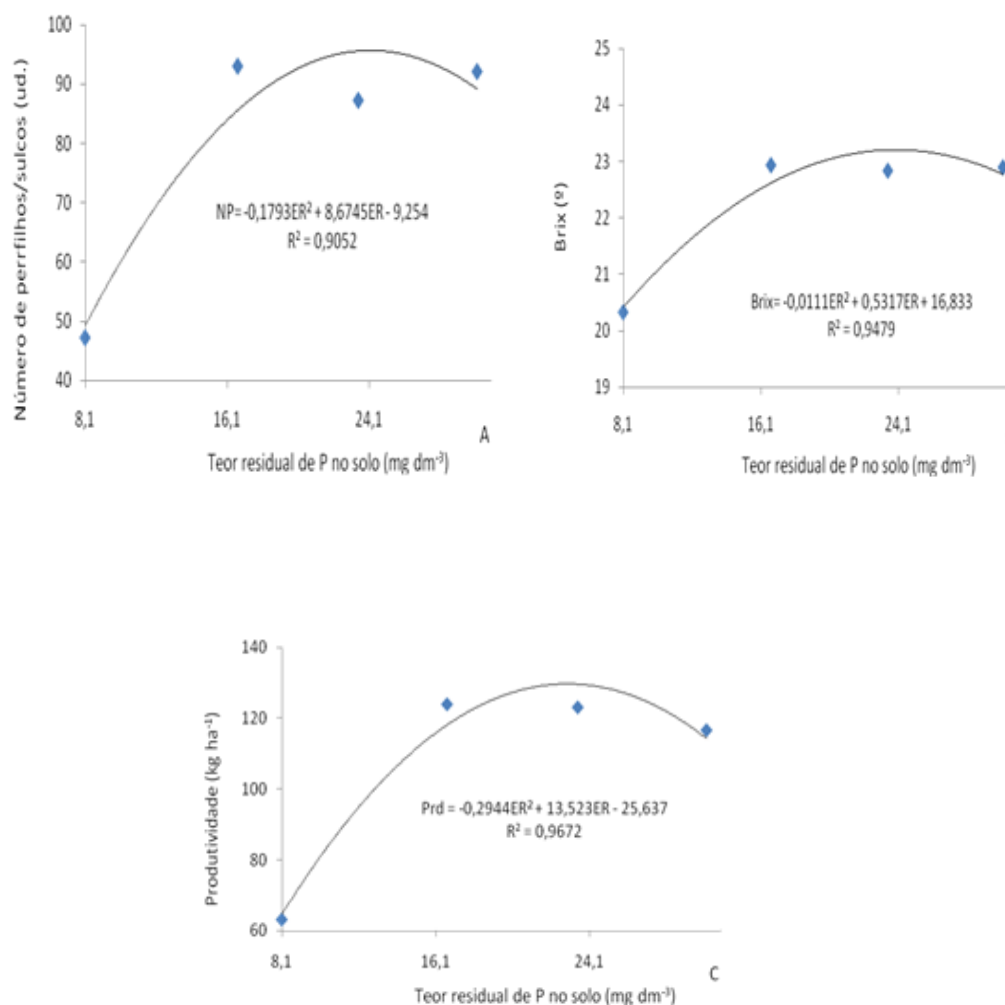


Figura 2. Efeito residual de fósforo e adubação fosfatada sobre o número de perfilhos/sulco (A), brix (B), produtividade (C) na cana-soca cultivada no município de Areia, PB.

Tomaz (2009) obteve produtividade máxima na soqueira de 85,2 T ha⁻¹, referente a aplicação de 140 kg ha⁻¹ na cana-planta no estado de São Paulo. Korndörfer (2004) obteve resultados semelhantes ao do experimento com a aplicação de 180 kg ha⁻¹.

De acordo com Malavolta (2006), o fósforo sem dúvida, trata-se do nutriente que mais limita a produção vegetal no Brasil. Tomaz (2009) por sua vez conclui que a deficiência de P diminuiu a produção da cana-de-açúcar significativamente.

De maneira geral, os dados aqui apresentados para o fornecimento de fósforo na soqueira já eram esperados, pois as variações nas sub-parcelas não seriam determinantes para influenciar as características analisadas. O que realmente acontece é que a aplicação de fósforo na soqueira não promove o retorno econômico esperado pelo produtor.

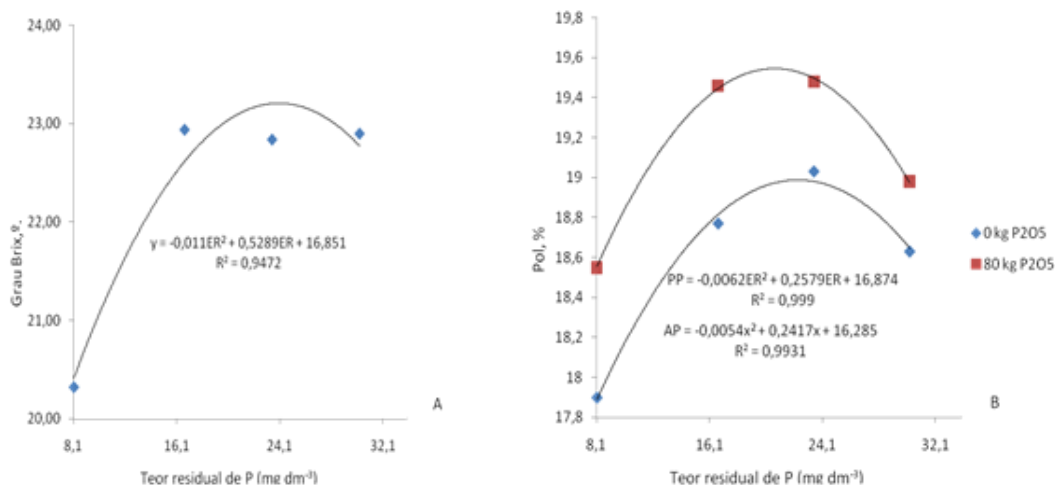
4.3. Características tecnológicas

Houve efeito residual da adubação fosfatada da cana-planta para todas as variáveis analisadas na cana-soca exceto para o teor de fibra (%) e pureza do caldo (%). Felipe (2008) cita que o teor de fibra é uma característica varietal não sendo influenciada pela adubação. Korndörfer, (2004) por sua vez cita que a presença de P no caldo da cana-planta exerce papel fundamental no processo de clarificação contudo não foi observado efeito residual do P na cana-soca (Tabela 8).

Tabela 8. Valor de F e coeficiente de variação das variáveis analisadas na cana-soca cultivada no município de Areia, PB.

Fonte de Variação	Grau brix	Pol (%)	Pureza (%)	Fibra (%)	ATR (kg açúcar t ⁻¹)
Efeito residual	11,89**	3,65*	1,41 ^{ns}	0,44 ^{ns}	4,25*
Adubação fosfatada	0,33 ^{ns}	5,00*	0,25 ^{ns}	0,28 ^{ns}	1,88 ^{ns}
Interação	1,66 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,04 ^{ns}
C.V. (%)	4,73	3,57	2,03	2,74	4,13

A aplicação de fósforo em cobertura na cana-soca apresentou efeito apenas sobre o pol (%) da cana-soca, promovendo resultados superiores a não aplicação de fósforo na soqueira (tabela 8). O máximo pol(%) obtido foi obtido com 23,87 e 19,49 mg dm⁻³ de P referentes a 19,49 e 18,94 % com a aplicação de 80 e 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na soqueira respectivamente (figura 3B).



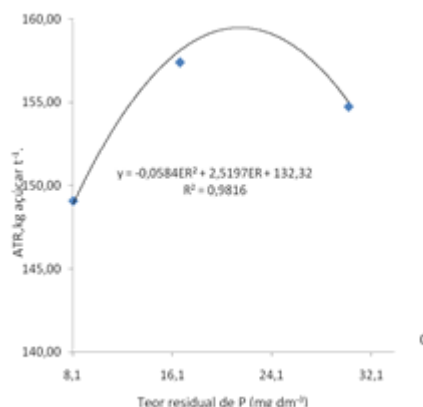


Figura 3. Efeito residual de fósforo e adubação fosfatada sobre o grau brix (A), pol % (B), ATR (C), Número de colmos (D) na cana-soca cultivada no município de Areia, PB.

Alexandre (1973) cita que durante o processo metabólico, o composto glucose-1-fosfato junta-se com a frutose para formar a sacarose, matéria-prima para a produção de açúcar e álcool, o que confirma os dados obtidos no presente estudo que conforme o efeito residual da adubação fosfatada aumentou o pol (%). Já a interação efeito residual-adubação fosfatada não apresentou efeito sobre nenhuma variável estudada (Tabela 1).

O brix, ATR e o número de colmos obtiveram aumento quadrático em função dos teores residuais de P no solo, sendo o máximo obtido com 24,04; 21,57 e 24,39 mg dm⁻³ de P referentes a 23,21°, 159,49 kg açúcar t⁻¹ e 170 unidades respectivamente, relacionado ao resíduo de aproximadamente 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ fornecidos na cana-planta (figura 3A, 3B e 3C respectivamente).

Tomaz (2009), não obteve efeito da aplicação de diferentes fontes e doses de fósforo sobre as características tecnológicas da cana-de-açúcar, e ainda conclui que essas variáveis são mais influenciadas pela época de plantio e corte e não pela adubação empregada.

Com relação a aplicação de fósforo na soqueira, a aplicação de 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ não foi capaz de fazer diferença no ATR, ou seja, não vale a pena para o produtor investir em produtos e técnicas mais onerosas, que possivelmente ele não terá o retorno satisfatório, concordando com resultados de Silva (2003).

De maneira geral, os dados aqui apresentados para o fornecimento de fósforo na soqueira já eram esperados, pois as variações nas sub-parcelas não seriam determinantes para influenciar as características analisadas, exceto para o pol (%) que esta intimamente relacionada com o aumento do teor de P no solo.

O que realmente acontece com o aumento do teor de P e o seu fornecimento na soqueira é o aumento da produtividade, como cita Korndörfer (2004).

5. Conclusões

Houve efeito dos teores residuais de fósforo aplicados na cana-planta sobre o crescimento, produção e característica tecnológica da cana-soca.

O fornecimento de fósforo no desenvolvimento da soqueira não promove aumento do comprimento do colmo, consequentemente, não promove aumento na produtividade da cultura.

A aplicação de 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ além de promover os melhores resultados produtivos na cana-planta promove melhores produções da soqueira

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDRE, A. G. **Sugarcane physiology: a comprehensive study of the *Saccharum* source-to-sink system**. Amsterdam: Elsevier, 1973. 752p.
- AZEVEDO, H.M. de. **Resposta da cana-de-açúcar a níveis de irrigação e de adubação de cobertura nos tabuleiros costeiros da Paraíba**. Campina Grande: UFCG/PB, 2002. 112p. (Tese de Doutorado). FNP, AGRIANUAL 2003.
- CARDOSO, M. G. et al. **Cachaça: qualidade e produção**. Disponível em: http://www.editora.ufla.br/boletim.pdfextrensao/bol_07.pdf. Acesso em: 28 dez. 2006.
- CHANG, Y.S.; MILLIGAN S.B. Estimating the potential of sugarcane families to procure elite genotypes using univariate cross prediction methods. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 84, p. 662-671, 1992.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (BRASIL). **Cana-de-açúcar: safra 2008/2009: primeiro levantamento: maio de 2006**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/1_levantamento0708_mai2007.pdf. Acesso em: 10 jan. 2008.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. Rio de Janeiro, 2006. 412p.
- FELIPE, D. C. **Produtividade da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) submetida a diferentes épocas de plantio e adubação mineral**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal da Paraíba. Areia – PB, 2008. 315p.
- FERREIRA, F. M.; BARROS, W. S.; SILVA, F. L.; BARBOSA, M. H. P.; CRUZ, C. D.; BASTOS, I. T. Relações fenotípicas e genotípicas entre componentes de produção em cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n.4, p. 605-610, 2007.

FRANCO, H. J. C. **Eficiência agrônômica da adubação nitrogenada da cana-planta.** Tese (Doutorado em Agronomia), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba – SP, 2008. 127p.

FURIJO JUNIOR, A. et al. **Cachaça.** Disponível em: www.enq.ufsc.br/labs/probio/disc_eng_bioq/trabalhos_grad/trabalhos_grad_2006-1/cachaça.doc. Acesso em: 19 dez. 2007.

GONCALVES, M. F.; VIDAL, M. F.; FIGUEIREDO JUNIOR, C. A. **Cachaça e rapadura na área de jurisdição do BNB, Produção, Tecnologia e Mercado.** Documentos do ETENE n°21, Fortaleza, 2008. 155p.

GONDIM, G. S.; ROSÁRIO, L. B. do; AGOSTINI, J. A. E.; BRITO, D. P. de. Adubação NPK de cana-de-açúcar (*Saccharum SP.*), em solos de Linhares, **E. S. Bras. Açucareiro**, Rio de Janeiro, 95: 22-30, 1980.

KORNDÖRFER, G. H. Fósforo na cultura da cana-de-açúcar. In: FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA., 2004, Piracicaba. **Anais...** São Pedro: POTAFOS, 2003. p. 291-305.

KORNDÖRFER, G. H.; FARIA, R. J.; MARTINS, M. Efeito do fósforo na produção da cana-de-ano e cana-soca cultivada em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 10, p. 1667-1673, 1998 (Notas Científicas).

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição de Plantas.** São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** 2. ed. Piracicaba: Potafos. 1997. 319p.

MORELLI, J. L.; NELLI, E. J.; BAPTISTELLE, J. R.; DEMATÊ, J. L. I. Termofosfato na produtividade da cana-de-açúcar e nas propriedades químicas de um solo arenoso de baixa fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 57-61, 1991.

OLIVEIRA, R. A. de; DAROS, E.; ZAMBON, J. L. C.; WEBER, H.; IDO, O. T.; BESPALHOK-FILHO, J. C.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; SILVA, D. K. T. da. Área

foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesq Agropec Trop**, Goiânia, v. 37, p 71-76, 2007.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo/ Fundação IAC. 1997. 285p. (Boletim 100).

RESENDE, A. V. **Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do Cerrado**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2004. 169p. (Tese de doutorado).

RODRIGUES, J. D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: UNESP, 1995. 101p.

SILVA, C. T. S. **Efeito de diferentes níveis de adubação, sobre a produção da Terceira folha de cana, irrigada nos tabuleiros costeiros da Paraíba**. Campina Grande, Universidade Federal de Campina Grande. 2003. 82p. (Mestrado em Engenharia Agrícola).

SOUSA, D. M. G. e LOBATO, E. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 416 p.

TOMAZ, H. V. Q. **Fontes, doses e formas de aplicação de fósforo na cana-de-açúcar**. Piracicaba. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 2009. 93p. (Dissertação de mestrado)

VITTI, G. C., MAZZA, J. A. **Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura de cana-de-açúcar**. Piracicaba: POTAFOS, 2002. 16 p. (Encarte técnico/Informações Agrônomicas, 97).